

## METHOD AND DEVICE FOR DETECTING ABNORMALITY OF HEAT PUMP

**Publication number:** JP63297975

**Publication date:** 1988-12-05

**Inventor:** KONDO TADASHI

**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

**Classification:**

- international: *F25B49/00; F25B49/02; F25B49/00; F25B49/02*; (IPC1-7): F25B49/00

- European:

**Application number:** JP19870133675 19870529

**Priority number(s):** JP19870133675 19870529

[Report a data error here](#)

Abstract not available for JP63297975

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑬ 日本国特許庁(JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-297975

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑯ 公開 昭和63年(1988)12月5日

F 25 B 49/00

Z-7536-3L

審査請求 未請求 発明の数 2 (全7頁)

⑰ 発明の名称 熱ポンプの異常検出方法及び異常検出装置

⑱ 特 願 昭62-133675

⑲ 出 願 昭62(1987)5月29日

⑳ 発 明 者 近 藤 正 東京都府中市東芝町1 株式会社東芝府中工場内

㉑ 出 願 人 株 式 会 社 東 芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

㉒ 代 理 人 弁 理 士 佐 藤 一 雄 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

熱ポンプの異常検出方法及び異常検出装置

2. 特許請求の範囲

1. 冷媒を圧縮させて凝縮し、これを膨張させて蒸発させるサイクルで順回させ、気化熱および潜熱を利用して水又は空気を冷却、加熱する熱ポンプの運転状態を表わす状態変数についての複数個の測定データをもとに欠落した他の状態変数を推定し、予め記憶した前記熱ポンプの正常な運転状態における状態変数の値またはこの状態変数により得られる評価関数値と、前記測定した状態変数および推定した状態変数の値またはこの状態変数により得られる評価関数値とを比較することにより、前記熱ポンプの異常状態を検出することとを特徴とする熱ポンプの異常検出方法。

2. 欠落した状態変数の推定が統計的解析により行われることを特徴とする特許請求の範囲第

1項記載の熱ポンプの異常検出方法。

3. 膨張弁、蒸発器、圧縮機、凝縮器および蓄熱槽を備えた熱ポンプの現在状態を測定するセンサと、このセンサによって得られた測定データから前記膨張弁の現在状態を推定する膨張弁状態推定装置と、前記測定データから前記蒸発器の現在状態を推定する蒸発器状態推定装置と、前記測定データから前記圧縮機の現在状態を推定する圧縮機状態推定装置と、前記測定データから前記凝縮器の現在状態を推定する凝縮器状態推定装置と、前記測定データから前記蓄熱槽の現在状態を推定する蓄熱槽状態推定装置と、これらの各推定装置から得られた前記熱ポンプの現在の状態推定値から前記熱ポンプの異常を検出する異常検出装置と、前記異常検出装置による検出結果に基づいて予め熱ポンプの異常処理方法情報を記憶した異常処理方法記憶装置と、この異常処理方法記憶装置から異常処理方法を索引する異常処理方法索引装置と、この異常処理方法索引装置で索引された異常処理方法情報を表示する異常処理方法表示装置とを具

繼することを特徴とする熱ポンプの異常検出装置。

### 3. 発明の詳細な説明

#### (発明の目的)

##### (産業上の利用分野)

本発明は、膨張弁、蒸発器、圧縮機、凝縮器および蓄熱槽から構成される熱ポンプの異常検出方法および異常検出装置に関するものである。

##### (従来の技術)

熱ポンプは、圧縮機を動力源として、フロンガス等の冷媒を圧縮→凝縮→膨張→蒸発のサイクルで順回させており、蒸発器では周囲の水または空気から気化熱を奪って冷却し、逆に凝縮器では周囲の水または空気に潜熱を放出して加熱する。このような作用を利用して冷暖房装置や給湯装置などとして広い分野で使用されている。前述した熱サイクルにおいては、圧縮機では冷媒の圧力の急激な増加を伴い、逆に膨張弁では冷媒の圧力の急激な減少を伴う。このため、熱ポンプを長期間にわたり連続して使用する場合には、熱ポンプを構

成する各機器の機能の劣化に伴う運転状態の変化を監視する必要がある。そして、熱ポンプを構成する機器の機能が劣化していることが判明した時には、その影響が他の機器に波及する前に故障部分を保守点検により発見し、修理、交換をすみやかに行う必要がある。

通常、熱ポンプにおいては構成機器の異常を検出するためのセンサとして、例えば、冷媒の異常圧力を検出する圧力計、冷媒の異常温度を検出する温度計、圧縮機の異常回転を検出する回転計、圧縮機の異常振動を検出する振動計、冷媒の異常流量を検出する流量計、冷媒の異常液面を検出する液面計、熱源水や冷温水の異常液面を検出する液面計、熱源水や冷温水の異常温度を検出する温度計などが通常設けられている。熱ポンプが異常運転状態になった場合には、これらのセンサの一部または全部に異常な測定データが記録されるため、これらのデータを総合的に判断して熱ポンプの異常箇所を見つけ出し保守点検を速に行う必要がある。

しかしながら、熱ポンプでは、圧縮→凝縮→膨張→蒸発の熱サイクルが密閉配管方式になっているものが多く、このような熱ポンプにおいては、熱ポンプの中にセンサを多数設置することが困難であることから、熱ポンプでの異常は早期に正確に検出されにくい。したがって、異常が発生して熱ポンプの運転が困難な状態になった場合の修理期間が長期化しやすい。

また、比較的規模の大きい熱ポンプでは昼間と夜間の熱負荷の変動の影響を受けることなく一定の安定した運転を行うために、蓄熱槽を設置して夜間の蓄熱運転や昼間のピークカット運転を実施しているものが多い。このような熱ポンプにおいては、蓄熱槽に貯えられた熱源水の温度分布を測定して熱源水の温度むらをできる限り少なくして、効率のよい蓄熱運転を行う必要がある。しかし、コンクリート建築では蓄熱槽を、建築物の最下段の床と耐圧スラブとの間のスペースを利用して設置しているものが多く、そこに設置されている温度センサは一般的に保守作業が困難である。この

ため、温度センサが故障したり異常を示した場合に迅速な保守点検ができにくいため、蓄熱槽の運転や蓄熱計画などに支障を来すことになる。

この結果、熱ポンプの構成機器の機能の劣化などにより重大な故障が発生して熱ポンプが正常に運転できなくなった場合に、夏期には冷房の停止、冬期には暖房の停止さらには給湯機能の停止などの状態に陥るため、熱ポンプから各種のサービスを受けているビルおよびその他の施設においては日常業務に長時間にわたって重大な支障を来すことになる。

#### (発明が解決しようとする問題点)

このように、従来の熱ポンプにおいては、異常を早期に正確に検出するために十分な数の異常検出用センサを設置する必要があるにもかかわらず、熱ポンプの構造上、センサを十分に設置しにくいという問題が十分になされず、重大な故障に至る場合が多い。さらに、蓄熱槽内の温度センサに対しても十分な保守点検作業ができにくいという問題がある。

本発明は、このような問題点を解決するためなされたもので、異常検出用センサが十分な数だけ設置されていない熱ポンプに対しても、少数のセンサから測定されたデータを基にして、熱ポンプの現在の状態を推定することにより、熱ポンプの異常を早期に正確に検出する熱ポンプの異常検出方法および異常検出装置を提供することを目的とする。

〔発明の構成〕

（問題点を解決するための手段）

本発明にかかる熱ポンプの異常検出方法よれば、冷媒を圧縮させて凝縮し、これを膨張させて蒸発させるサイクルで順回させ、気化熱および潜熱を利用して水又は空気を冷却、加熱する熱ポンプの運転状態を表す状態変数についての複数の測定データをもとに欠落した他の状態変数を推定し、予め記憶した前記熱ポンプの正常な運転状態における状態変数の値またはこの状態変数により得られる評価関数値と、測定した状態変数および推定した状態変数の値またはこの状態変数により得ら

れる評価関数値とを比較することにより、熱ポンプの異常状態を検出することを特徴としている。

また、本発明にかかる熱ポンプの異常検出装置によれば、膨張弁、蒸発器、圧縮機、凝縮器および蓄熱槽を備えた熱ポンプの現在状態を測定するセンサと、このセンサによって得られた測定データから膨張弁の現在状態を推定する膨張弁状態推定装置と、測定データから蒸発器の現在状態を推定する蒸発器状態推定装置と、測定データから圧縮機の現在状態を推定する圧縮機状態推定装置と、測定データから凝縮器の現在状態を推定する凝縮器状態推定装置と、測定データから蓄熱槽の現在状態を推定する蓄熱槽状態推定装置と、これらの各推定装置から得られた熱ポンプの現在の状態推定値から熱ポンプの異常を検出する異常検出装置と、異常検出装置による検出結果に基づいて予め熱ポンプの異常処理方法情報を記憶した異常処理方法記憶装置と、この異常処理方法記憶装置から異常処理方法を索引する異常処理方法索引装置と、この異常処理方法索引装置で索引された異常処理

方法情報を表示する異常処理方法表示装置とを具備することを特徴としている。

（作 用）

本発明の方法では、熱ポンプに設置されている数少ない異常検出用センサから得られる測定データを基にして、熱ポンプの現在の状態を推定することにより欠落した測定データを補充することができ、このようにして得られた状態変数値あるいはこの状態変数から得られる評価関数値から熱ポンプの異常を早期に正確に検出できる。

また、本発明の装置では熱ポンプの各サイクル部分に対応して測定データからその部分の状態変数を推定する推定装置を設け、この推定装置の出力から異常検出装置で異常を検出し、予め記憶された異常処理方法情報を記憶装置から索引装置で引き出すようにしている。このため、的確な異常対処が可能となる。

（実施例）

第1図は、本発明の一実施例にかかる異常検出装置の構成を示すブロック図である。

この実施例では、圧縮機10、凝縮器11、膨張弁12、蒸発器13よりなる冷凍サイクルと蓄熱槽14とを備えている熱ポンプに熱ポンプの異常状態を検出するセンサ15が設けられている。そして、センサ15の出力である測定データは熱ポンプの圧縮機10の現在状態を推定する圧縮機状態推定装置16、熱ポンプの凝縮器11の現在状態を推定する凝縮器状態推定装置17、熱ポンプの膨張弁12の現在状態を推定する膨張弁状態推定装置18、蒸発器13の現在状態を推定する蒸発器状態推定装置19、熱ポンプの蓄熱槽14の現在状態を推定する蓄熱槽状態推定装置20にそれぞれ入力されており、これらの出力はセンサ15の出力と共に異常検出装置21に入力されている。この異常状態検出装置21には熱ポンプの各種の異常状態とその異常処理方法についての情報を予め記憶した異常処理方法記憶装置22、異常処理索引装置23および異常処理方法表示装置24が接続されており、異常処理方法索引装置23は熱ポンプの異常状態が検出された場合に異

常処理方法記憶装置22から熱ポンプの異常処理方法情報を索引し、索引された異常処理方法情報を異常処理方法表示装置24に表示させる働きをする。

つぎに、本発明にかかる熱ポンプの異常検出方法における検出手順を第2図のフローチャートを参照して述べる。初めに熱ポンプの圧縮機10の異常検出手順について述べる。熱ポンプの圧縮機10の異常を検出するために必要なデータを $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ により表わす。 $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ としては、圧縮機10の入口及び出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに蒸発器13の出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに凝縮器11の入口の冷媒の圧力、流量、温度などがある。このN種類のデータの中で、センサ5により熱ポンプの運転中に常に測定できるデータを $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1i}$ で表わす。残りの $N-i$ 個のデータは、熱ポンプの運転中に測定することができないため、測定データ $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1i}$ を取込み(ステップ

101)、現在の値 $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ のすべてを圧縮機状態推定装置16により推定する(ステップ102)。

$X_{11+1}$ 、 $X_{11+2}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ の推定モデルを次に示す。

$$\left. \begin{aligned} X_{11+1} &= J_{11+1}(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1i}) \\ X_{11+2} &= J_{11+2}(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1i}) \\ &\vdots \\ X_{1N} &= J_{1N}(X_{11}, X_{12}, \dots, X_{1i}) \end{aligned} \right\} (1)$$

ここで、 $J_{1j}$ ; $j=1+1, 1+2, \dots, N$ は、 $X_{1j}$ ; $j=1+1, 1+2, \dots, N$ の値を推定するための推定モデルである。この $J_{1j}$ ; $j=1+1, 1+2, \dots, N$ は物理的な理論式から決めることが望ましいが理論式から求まらない場合には、実験的にセンサーを設置して測定したデータを最小自乗法あるいはGMDH(Group Method of Data Handling)法などを用いて統計的に解析することにより求めることができる。このようにして、熱ポンプの運転中に、センサ15によりデー

タ $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1i}$ を測定することにより、圧縮機10の異常検出に必要なデータ $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ を全て得ることができる。

次に、このようにして得られたデータ $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ を用いて圧縮機10の異常を検出する方法を述べる。圧縮機10の異常検出方法としては、判別分析、時系列分析、数量化二類などの手法を適用することができる。ここでは、一例として判別分析法を用いた異常検出方法を示す。判別分析法はデータ $X_{11}$ 、 $X_{12}$ 、 $\dots$ 、 $X_{1N}$ (N次元データ)から、3本の軸( $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ )を抽出して次元の減少を伴い、この3本の軸上にデータをプロットすることにより、圧縮機10の現在の状態が正常なのか異常なのかを判別するものである。

3本の軸 $Z_i$ ; $i=1, 2, 3$ は  

$$Z_i = \underline{a}_i^T (\underline{x} - \underline{\bar{x}})$$
; $i=1, 2, 3$  (2)  
 として表わされる。

ここで、 $\underline{x} = (X_1, X_2, \dots, X_N)$

$\underline{\bar{x}}$ :  $\underline{x}$ の平均値を表わすベクトル

$\underline{a}_i^T$ : 係数ベクトル

である。この係数ベクトル $\underline{a}_i^T$ は、Zの正常データと異常データの群間分散の群内分散に対する比である評価関数 $\theta$

$$\theta = \frac{\underline{a}_i^T B \underline{a}_i}{\underline{a}_i^T W \underline{a}_i} \quad (3)$$

を最大にする

という条件により求まる。

この解 $\underline{a}_i$ は周知のように連立方程式

$$(B - \theta W) \underline{a}_i = 0 \quad (4)$$

を解くことにより求まる。

なお、B: 正常データと異常データの群間分散

・ 共分散行列

W: 正常データと異常データの群内分散

・ 共分散行列

である。

なお、正常データは予め理論値または実測正常値が異常状態検出装置21内のメモリ(図示せず)に蓄積されている。

第3図に、3本の軸 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ を用いて、圧縮機10の状態を示した状態図を示す。圧縮機10の状態は正常状態(AおよびB)から圧力異常状態(C)へ変化していることがわかる。このように、3本の軸 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ を用いて圧縮機10の現在の状態を図示することにより、圧縮機10の現在の状態が正常なのかあるいは異常なのかを判別することができ、異常であるときはどのような異常グループにデータが属するかを判定することによって圧縮機10の異常検出ができる(ステップ103)。

次に、熱ポンプの凝縮器11の異常検出手順について述べる。熱ポンプの凝縮器11の異常を検出するために必要なデータを $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、…、 $X_{2N}$ で表わす。 $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、…、 $X_{2N}$ としては、凝縮器11の入口及び出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに圧縮機10の出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに膨張弁12の入口の冷媒の圧力、流量、温度などがある。このN種類のデータの中で、センサ15により熱ポンプの運転中に常に測定でき

るデータを $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、…、 $X_{21}$ で表わす。残り $N-1$ 個のデータは、熱ポンプを運転中に測定することができないため、測定データ $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、…、 $X_{21}$ を用いて現在の値を凝縮器状態推定装置17により推定する。ここで使用する推定モデルは第(1)式と同じ形に表わすことができる。このようにして得られた $X_{21}$ 、 $X_{22}$ 、…、 $X_{2N}$ のデータを用いて前述した圧縮機10の異常検出の場合と同様に式(2)～(4)を用いた判別分別法により熱ポンプの凝縮器12の異常が検出される。

この判別も前述したように3本の軸 $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ を用いて凝縮器11の現在状態を図示することにより、正常/異常の区別、異常であるときはどのような異常グループにデータが属するかが判別されることになる。

次に熱ポンプの膨張弁12の異常検出の場合には膨張弁12の入口及び出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに凝縮器11の出口の冷媒の圧力、流量、温度さらに蒸発器13の入口の冷媒の圧力、流量、温度などの膨張弁12の異常を検出するために必

要なデータ $X_{31}$ 、 $X_{32}$ 、…、 $X_{3N}$ のうち熱ポンプを運転中に測定することができないデータについては測定データ $X_{31}$ 、 $X_{32}$ 、…、 $X_{31}$ を用いて現在の値を膨張弁状態推定装置18により推定するようにする。

このようにして得られた $X_{31}$ 、 $X_{32}$ 、…、 $X_{3N}$ のデータを用いて前述した圧縮機10の異常検出の場合と同様に式(2)～(4)および現在状態の図示による判別分析法を用い、現在状態の正常/異常、および異常グループの判定がなされることになる。

以下同様に蒸発器13については異常を検出するために必要なデータである蒸発器13の入口及び出口の冷媒の圧力、流量、温度、膨張弁12の出口の冷媒の圧力、流量、温度、さらに圧縮機10の入口の冷媒の圧力、流量、温度などのデータ $X_{41}$ 、 $X_{42}$ 、…、 $X_{4N}$ の一部を蒸発器状態推定装置19により蒸発器運転中の測定データ $X_{41}$ 、 $X_{42}$ 、…、 $X_{41}$ をもとに推定し、蓄熱槽14については異常を検出するために必要なデータ $X_{51}$ 、

$X_{52}$ 、…、 $X_{5N}$ の一部を蓄熱槽状態推定装置20により蓄熱槽運転中の測定データ $X_{51}$ 、 $X_{52}$ 、…、 $X_{51}$ をもとに推定する。

このようにして推定された必要な全データをもとに前述した第(2)～第(4)式を用いて判別分析法により各部の現在状態の正常/異常および属する異常グループが決定される。

異常の内容が決定されたときは、異常検出装置21は異常処理方法索引装置23を駆動させて異常処理方法記憶装置から最適な処理方法情報を取り出し(ステップ104)、異常検出処理方法表示装置上に表示させる(ステップ105)ことになる。

以上の実施例では異常検出にあたって現在状態の評価関数を求めて判断するようにしているが、補充された現在状態データの値を予め記憶されている正常状態データとそのまま比較するようにしてもよい。

(発明の効果)

以上のように、本発明によれば少数の異常検出

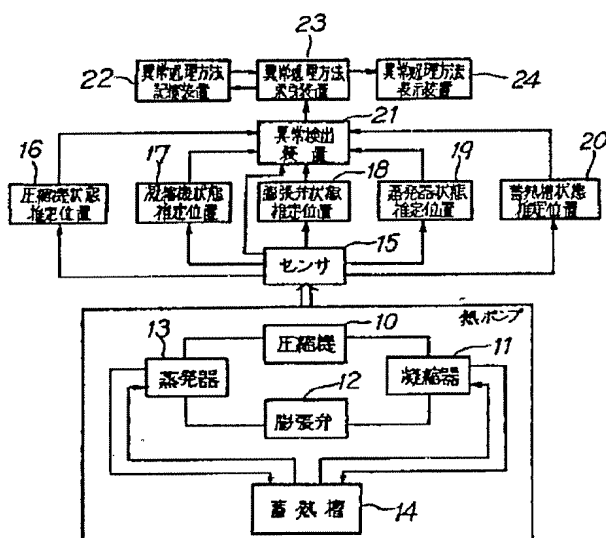
用センサにより測定したデータから、熱ポンプの現在状態を推定することにより熱ポンプの異常検出を装置に正確に行うことができる。このため、密閉配管方式を採用している熱ポンプのように取り付け上の制約から少数のセンサのみしか設置できない熱ポンプに対しても異常検出を迅速に正確に行うことができる。

さらに、蓄熱槽のように、センサの保守点検が困難な機器に対しても、センサの数を大幅に削減できるために熱ポンプの保守点検が容易になる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の回路構成を示すブロック図、第2図は異常検出とその対処の手順を示すフローチャート、第3図は熱ポンプの圧縮機の状態を示す状態図である。

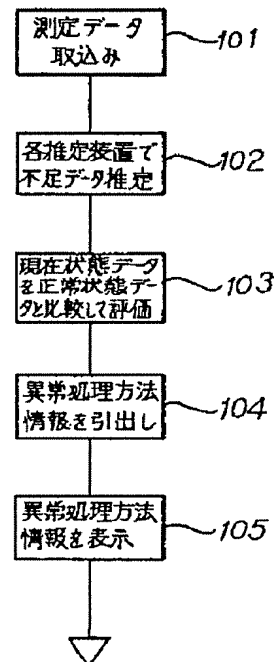
10…圧縮機、11…凝縮器、12…膨張弁、13…蒸発器、14…蓄熱槽、15…センサ、16…圧縮機状態推定装置、17…凝縮器状態推定装置、18…膨張弁状態推定装置、19…蒸発器状態推定装置、20…蓄熱槽状態推定装置、21…異常検出装置、22…異常処理方法記憶装置、23…異常処理方法索引装置、24…異常処理方法表示装置



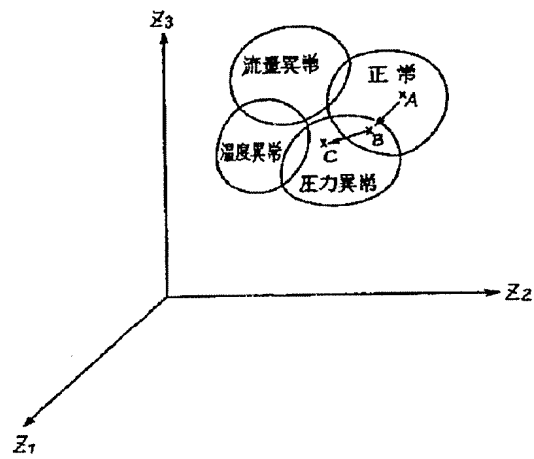
第1図

器状態推定装置、20…蓄熱槽状態推定装置、21…異常検出装置、22…異常処理方法記憶装置、23…異常処理方法索引装置、24…異常処理方法表示装置。

出願人代理人 佐藤 一 雄



第2図



第3図